

Introducción a la modelización jerárquica: detectabilidad imperfecta en modelos de ocupación y N-mixtos

Javier Fernández-López, Sonia Illanas y David Ferrer-Ferrando



- Objetivos del taller (5 min)
 - Un breve paseo por los modelos lineales generalizados (10 min)
 - Proceso ecológico y proceso observacional (5 min)
 - Detectabilidad imperfecta (5 min)
 - Modelos de ocupación y modelos n-mixture (20 min)
 - Descanso/café (15 min)
 - Casos prácticos con R y *unmarked* (45 min)
 - Otros modelos jerárquicos (10 min)
 - Documentación, conclusiones y cierre (5 min)
- | |
|-----|
| I |
| II |
| III |
| IV |

Algunos objetivos...

- Conocer y diferenciar el **proceso ecológico** del **proceso observacional**
- Comprender el marco de la **modelización jerárquica**
- Conocer y saber ajustar modelos de **ocupación** y **N-mixture**
- Conocer algunas extensiones de otros modelos jerárquicos

Modelo: simplificación de la realidad cuyo objetivo es comprender un sistema complejo y realizar predicciones sobre él.



Modelo: simplificación de la realidad cuyo objetivo es comprender un sistema complejo y realizar predicciones sobre él.

Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) (2009) **36**, 1623–1627

GUEST
EDITORIAL

Predicting the distribution of Sasquatch in western North America: anything goes with ecological niche modelling

J. D. Lozier^{1*}, P. Aniello² and M. J. Hickerson³



Figure 1 Map of Bigfoot encounters from Washington, Oregon and California used in the analyses. Points represent visual/auditory detection, and foot symbols represent coordinates where footprint data were available. Shading indicates topography, with lighter values representing lower elevations.

Modelo: simplificación de la realidad cuyo objetivo es comprender un sistema complejo y realizar predicciones sobre él.

Bigfoot ~ porcentaje de bosque + cantidad de comida

Variable respuesta

Covariables predictoras



Figure 1 Map of Bigfoot encounters from Washington, Oregon and California used in the analyses. Points represent visual/auditory detection, and foot symbols represent coordinates where footprint data were available. Shading indicates topography, with lighter values representing lower elevations.

Modelo: simplificación de la realidad cuyo objetivo es comprender un sistema complejo y realizar predicciones sobre él.

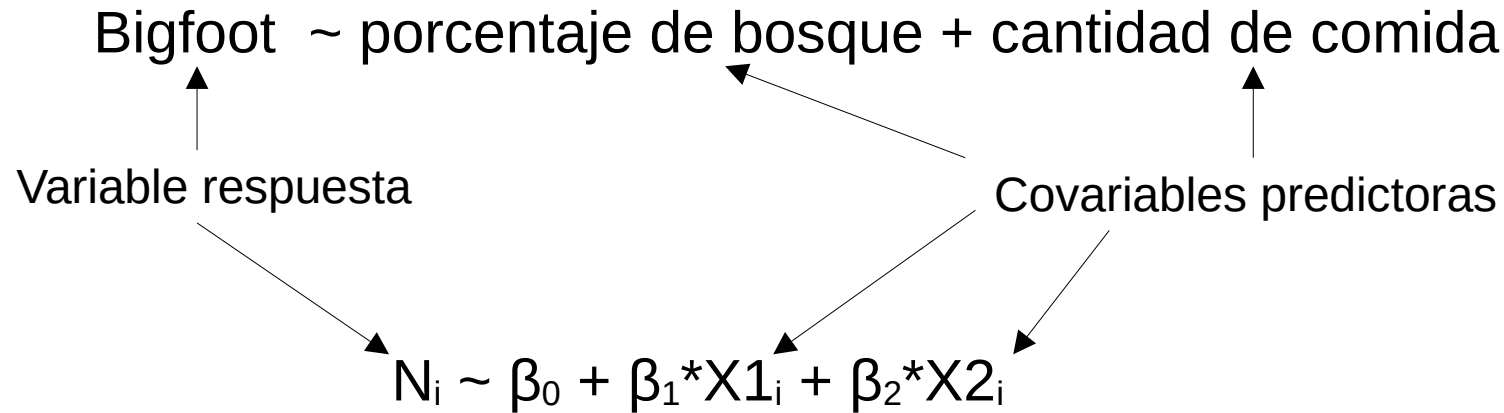


Figure 1 Map of Bigfoot encounters from Washington, Oregon and California used in the analyses. Points represent visual/auditory detection, and foot symbols represent coordinates where footprint data were available. Shading indicates topography, with lighter values representing lower elevations.

Modelo: simplificación de la realidad cuyo objetivo es comprender un sistema complejo y realizar predicciones sobre él.

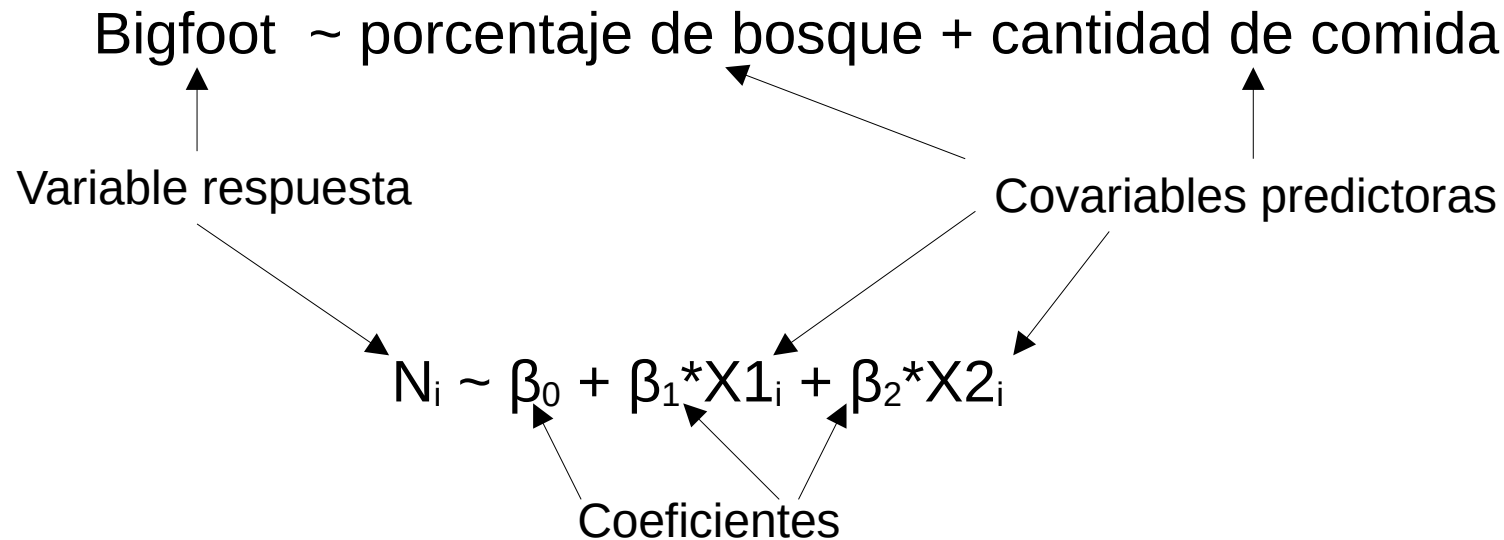
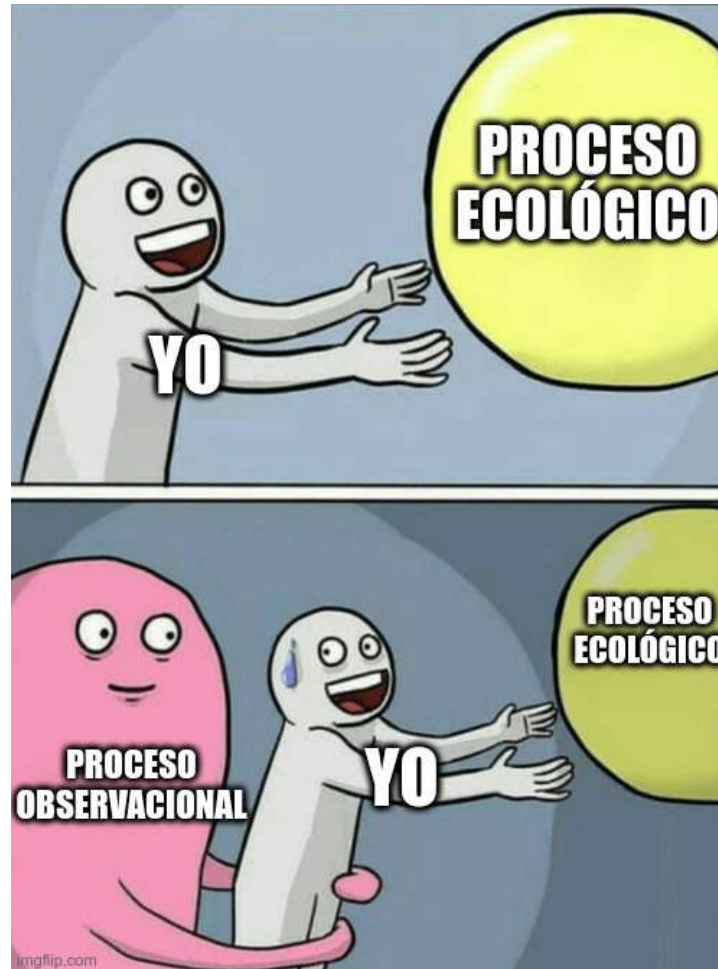


Figure 1 Map of Bigfoot encounters from Washington, Oregon and California used in the analyses. Points represent visual/auditory detection, and foot symbols represent coordinates where footprint data were available. Shading indicates topography, with lighter values representing lower elevations.



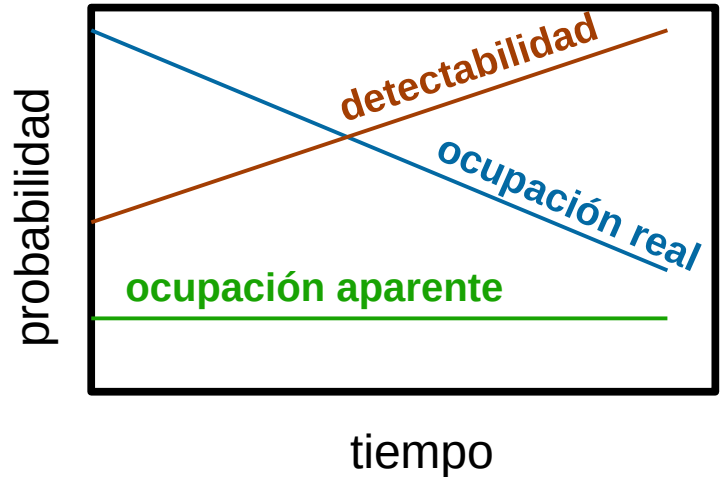
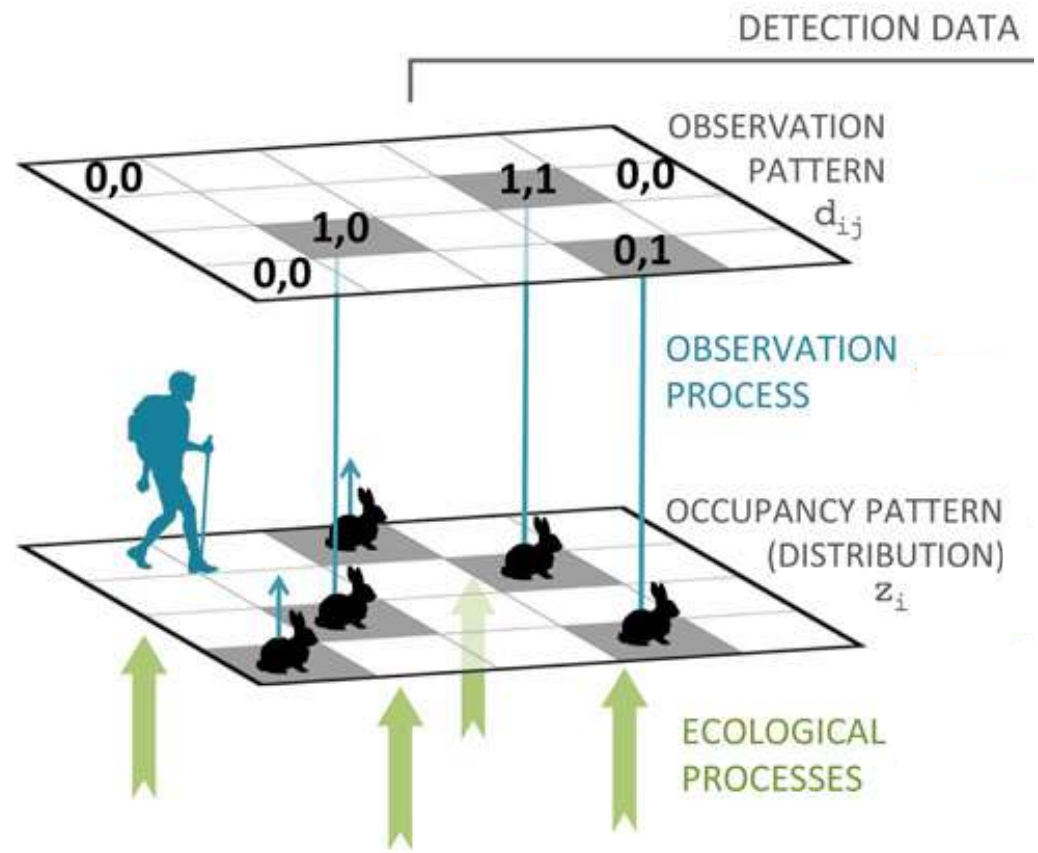
VARIABLE DE ESTADO

- Ocupación
- Abundancia
- Localización



OBSERVACIONES

- Fotografías
- Conteos
- Excrementos
- Registros sonoros
- ADN ambiental
- Ciencia ciudadana
- GPS



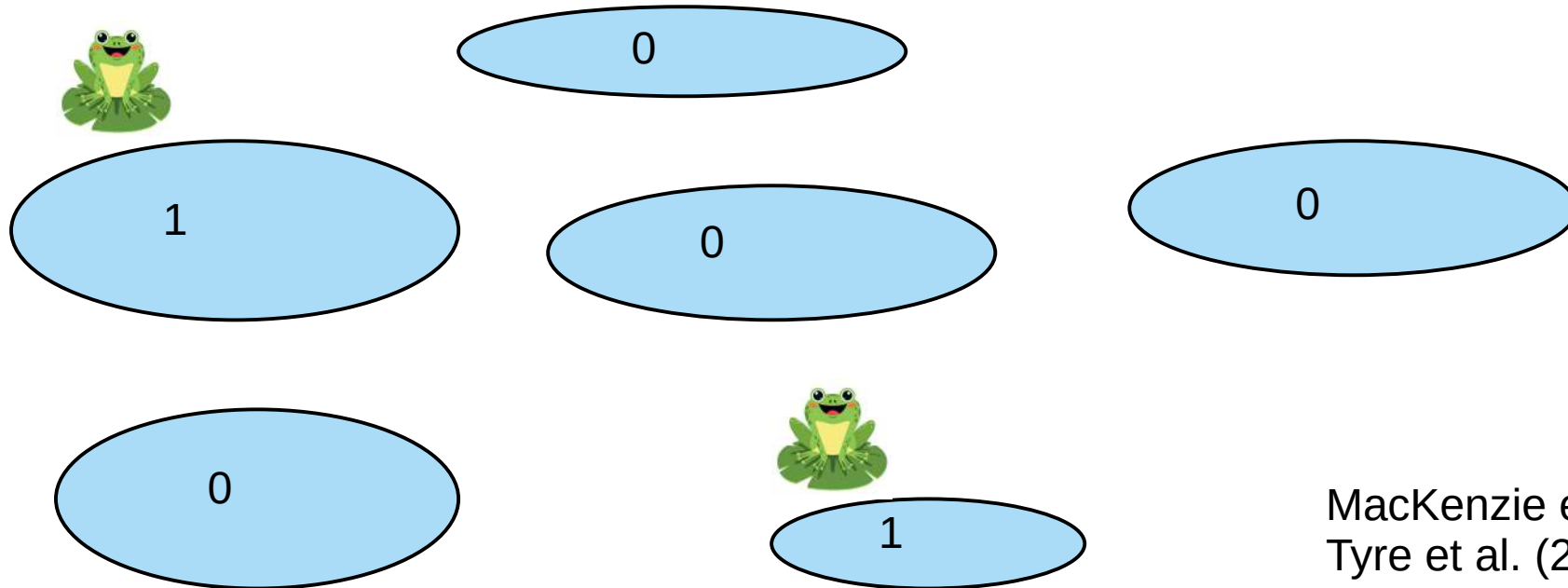
Guillera-Arroita (2017)

Modelos de ocupación y N-mixture

Amphibian Research and Monitoring Initiative
(finales de los 90, principios de los 2000)



Ocupación (Ψ) = $2/6 = 33\%$

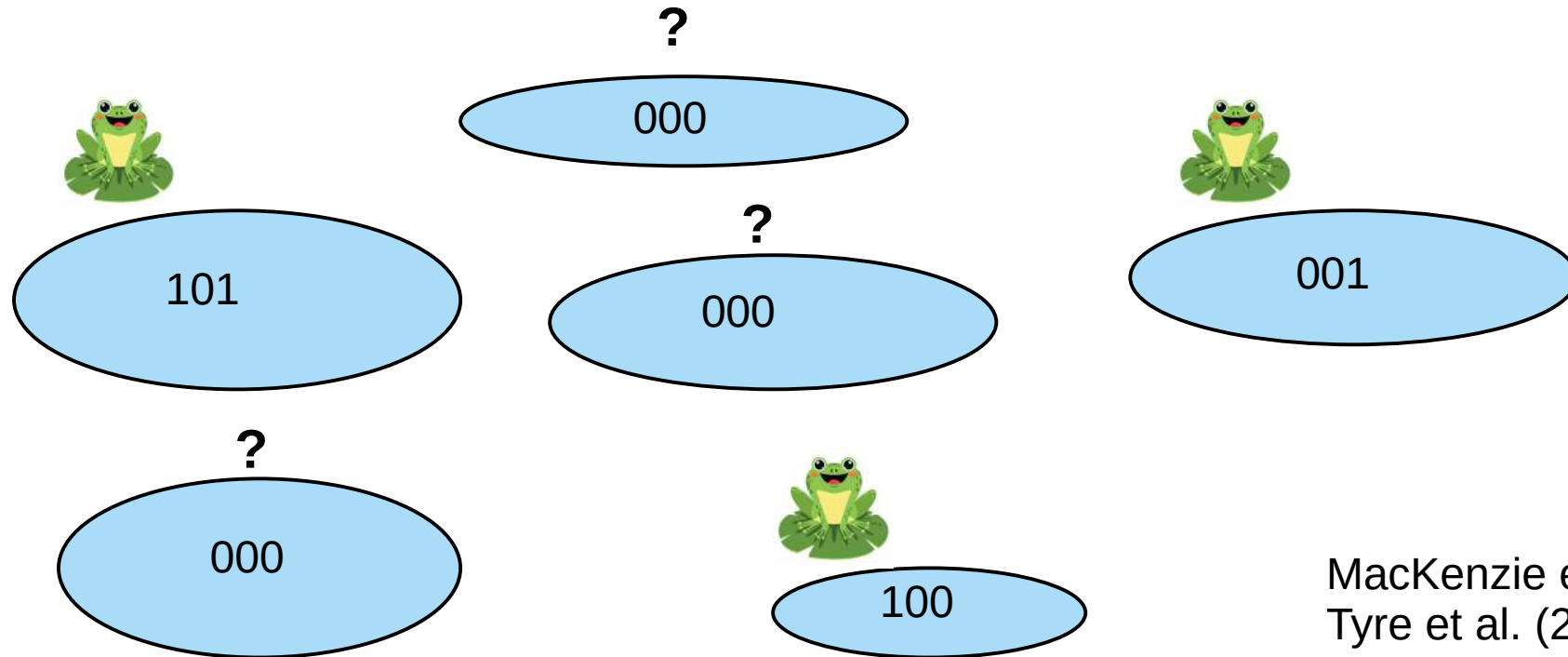


MacKenzie et al. (2002)
Tyre et al. (2003)

Amphibian Research and Monitoring Initiative
(finales de los 90, principios de los 2000)



Ocupación (Ψ) = $3/6 = 50\%$



MacKenzie et al. (2002)
Tyre et al. (2003)

Amphibian Research and Monitoring Initiative
(finales de los 90, principios de los 2000)



Ocupación (Ψ) = ?



0001



001

?

0000

101



0001



100

MacKenzie et al. (2002)
Tyre et al. (2003)

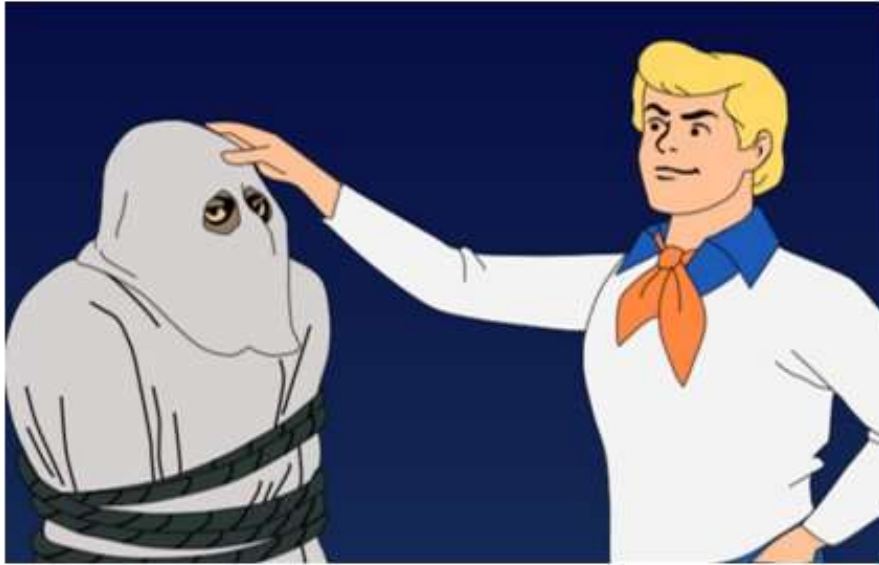
$$z_i \sim \text{Bernoulli}(\Psi_i)$$

$$\text{logit}(\Psi_i) = \beta X_i$$

$$h_{ij}|z_i \sim \text{Bernoulli}(z_i * p_{ij})$$

$$\text{logit}(p_{ij}) = \beta X_{ij}$$

Now let's see what's so scary about
occupancy models



Neil Gilbert en X

Presencia/ausencia
en el sitio i
(1 / 0)

$$z_i \sim \text{Bernoulli}(\Psi_i)$$

$$\text{logit}(\Psi_i) = \beta X_i$$

PROCESO ECOLÓGICO

Probabilidad de
presencia/ausencia en
el sitio i (**ocupación**)

Predictores y
coeficientes

Historial de
detecciones/no
detecciones en la
celda i en j
ocasiones
(101, 001, 011, etc.)

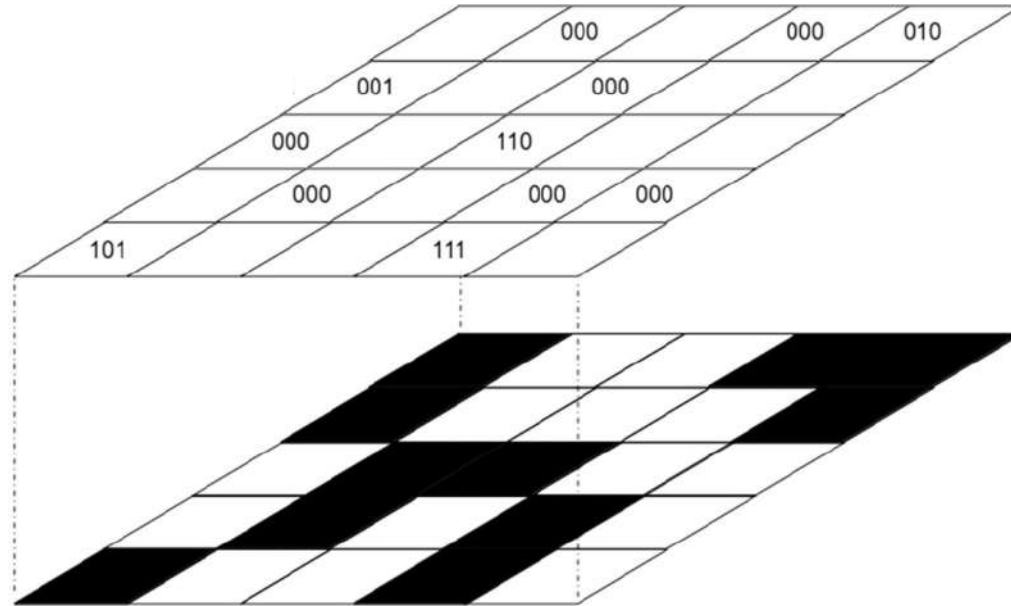
$$h_{ij}|z_i \sim \text{Bernoulli}(z_i * p_{ij})$$

$$\text{logit}(p_{ij}) = \beta X_{ij}$$

PROCESO OBSERVACIONAL

Probabilidad de
detección de la
especie en el sitio i en
la ocasión j

Observaciones en el campo



Realidad biológica (variable de estado)

ASUNCIONES

- La ocupación de un sitio no varía durante el periodo de muestreo (población cerrada, no hay colonización ni extinción)
- Las detecciones/no detecciones son independientes
- No hay falsos positivos
- No existe heterogeneidad no modelada

MODELOS N-MIXTURE

- Podría decirse que son la versión de los modelos de ocupación para abundancias (conteos repetidos)
- Los conteos son “baratos” en comparación con el marcaje y recaptura
- No requieren de información complementaria como la distancia, etc.
- Tienen algunas controversias: Barker et al. (2017), Kery (2017), Link et al. (2018)

Número de individuos
en el sitio i

$$N_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\log(\lambda_i) = \beta X_i$$

PROCESO ECOLÓGICO

Abundancia esperada
en el sitio i
(**abundancia**)

Predictores y
coeficientes

Historial de conteos en la
celda i en j ocasiones
(6-4-7, 2-0-1, 4-5-4, etc.)

$$C_{ij}|N_i \sim \text{Binomial}(N_i, p_{ij})$$

$$\text{logit}(p_{ij}) = \beta X_{ij}$$

PROCESO OBSERVACIONAL

Probabilidad de
detección de cada
individuo en el sitio i
en la ocasión j

ASUNCIONES

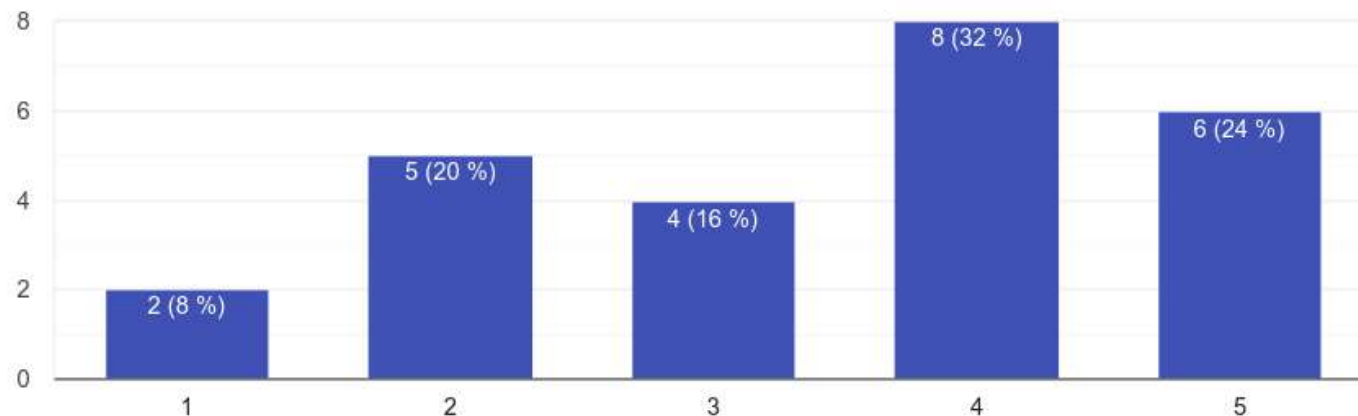
- La abundancia de un sitio no varía durante el periodo de estudio (población cerrada, no hay muertes, nacimientos ni migración)
- Las distribuciones utilizadas (Poisson y binomial) son las adecuadas
- La abundancia en cada sitio es independiente del resto de sitios
- No hay dobles conteos
- Todos los individuos tienen la misma probabilidad de detección
- No hay heterogeneidad no modelada



¿Trabajas habitualmente con R?



25 respuestas



```
1  
2 # Esto es un comentario  
3 objeto1 <- funcion1(argumento1, argumento2, argumento3)  
4 help(funcion1)  
5  
6  
7
```

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

 Go to file/function  Addins  Project: (None) Untitled2* 
 Source on Save  Run  Source

```
1  
2 # Esto es un comentario  
3 objeto1 <- funcion1(argumento1, argumento2, argumento3)  
4 help(funcion1)  
5  
6  
7
```

6:1 (Top Level) R Script Console Terminal x Background Jobs x  R 4.3.2 · ~/ 

R es un proyecto colaborativo con muchos contribuyentes.
Escriba 'contributors()' para obtener más información y
'citation()' para saber cómo citar R o paquetes de R en publicaciones.


Escriba 'demo()' para demostraciones, 'help()' para el sistema on-line
de ayuda,
o 'help.start()' para abrir el sistema de ayuda HTML con su navegador.
Escriba 'q()' para salir de R.

> |

Environment History Connections Tutorial  Import Dataset  164 MiB  Grid R  Global Environment 

<input type="checkbox"/>	Name	Type	Len...	Size	Value
--------------------------	------	------	--------	------	-------

Environment is empty

Files Plots Packages Help Viewer Presentation  Zoom  Export  

<https://jabiologo.github.io/web/tutorials/tallerSECEM.html>

120% ☆

Presentación

Proceso ecológico y observacional

Detectabilidad imperfecta

Modelos de ocupación

Modelos N-mixture

Práctica 1: Modelos de ocupación

Práctica 2: Modelos N-mixture

Extensiones

Referencias

Taller SECEM

Javier Fernández-López

6 de diciembre de 2023

Presentación

En este espacio se encuentran los contenidos teóricos y prácticos para el taller **Introducción a la modelización jerárquica: detectabilidad imperfecta en modelos de ocupación y N-mixture** impartido en el XVI Congreso de la SECEM (6-9 de diciembre de 2023 en Granollers). En los siguientes enlaces se pueden descargar los materiales se utilizarán durante el taller:

- Presentaciones (PDF) de los contenidos teóricos
- [Script](#) en R y [datos](#) necesarios para las sesiones prácticas

Se recomienda guardar todos estos archivos en una misma carpeta. A continuación se presenta de manera resumida la teoría del taller y posteriormente los casos prácticos.

Proceso ecológico y observacional

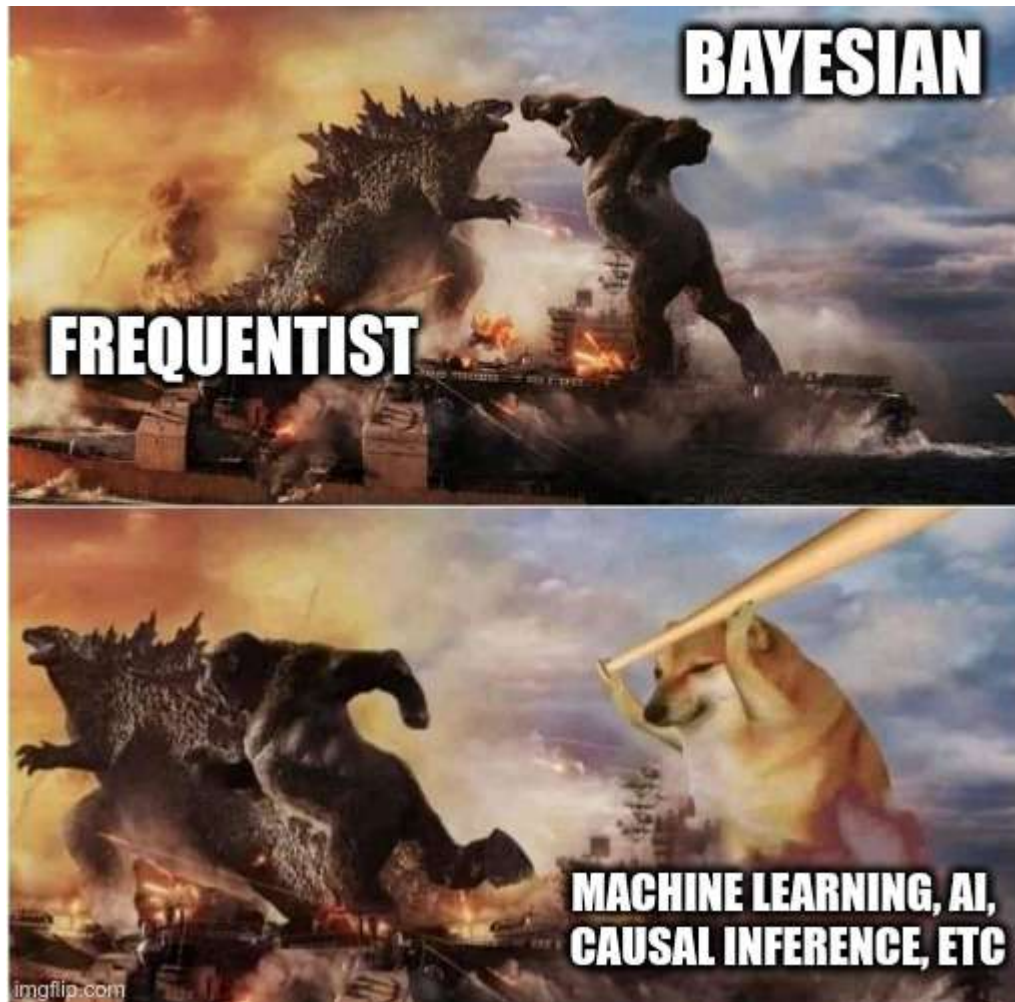
Cuando estudiamos la distribución o la abundancia (**variables de estado**) de las especies podemos distinguir entre

- **Proceso ecológico:** Mecanismo que da lugar a la *variable de estado* (distribución o abundancia en nuestro caso) mediante el cual un conjunto de covariables abióticas (temperatura, composición del suelo, etc.), bióticas (interacciones entre especies, etc.) o demográficas (tasas de reproducción, mortalidad, dispersión, etc.) originan que los organismos se distribuyan de una determinada forma en nuestro área de estudio.
- **Proceso observacional:** Mecanismo mediante el cual, a partir de una distribución o abundancia dada, emergen nuestros datos (**observaciones**) recogidos en el campo: fotos de una cámara de fototrampas, conteos directos, registros de bioacústica, registro de indicios, muestreos de ADN ambiental, registros de ciencia ciudadana, etc.

Si no se tiene en cuenta ese proceso observacional corremos el riesgo de asumir que nuestros datos representan fielmente la realidad, lo cual podría hacernos obtener estimas de la distribución o la abundancia sesgadas y/o poco precisas.

<https://jabiologo.github.io/web/tutorials/tallerSECEM.html>

- Ocupación con más de un estado
- Falsos positivos
- Royle-Nichols, abundancia a partir de detecciones/no detecciones
- Modelos dinámicos (poblaciones abiertas)
- Modelos multiespecíficos
- Modelos integrando diferentes bases de datos

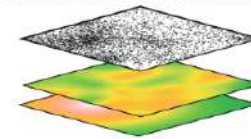


A

Abundancia
(Variable latente o de estado)

$$\mathbf{N}_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\log(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i}$$



Proceso de Puntos de Poisson

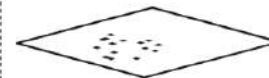
Covariable X_1 : Cobertura de bosqueCovariable X_2 : Altitud

B

Conteos repetidos
(Fuente de datos 1)

Sds	O1	O2	O3	O4
S ₁	6	5	2	4
S ₂	0	0	0	0
S ₃	1	2	2	0

$$y_{ij} | \mathbf{N}_i \sim \text{Binomial}(\mathbf{N}_i, p)$$

 p : probabilidad de detección

C

Registros oportunistas
(Fuente de datos 2)

lon	lat
-3.72	42.26
-2.87	41.70
1.65	42.96


$$y_i \sim \text{Bernoulli}(\psi_i)$$

$$\text{cloglog}(\psi_i) = \log(\hat{\lambda}_i) + \log(S_i)$$

$$\text{logit}(S_i) = \alpha_0 + \alpha_1 Z_{1i}$$

Covariable Z_1 : Distancia a carreteras

Fernández-López, J., Acevedo, P., & Gimenez, O. (2023). La unión hace la fuerza: modelos de distribución de especies integrando diferentes fuentes de datos. *Ecosistemas*, 32(1), 2527-2527.



Olivier Gimenez

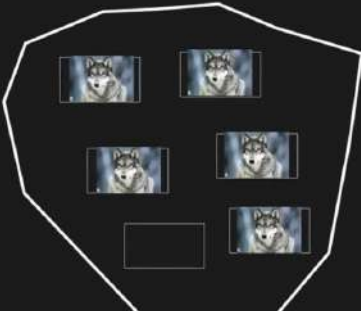
@OlivierGimenez · 1,37 K suscriptores · 52 videos

A sense of statistical ecology. Background photo credit: <https://bit.ly/33H7Mr2>.

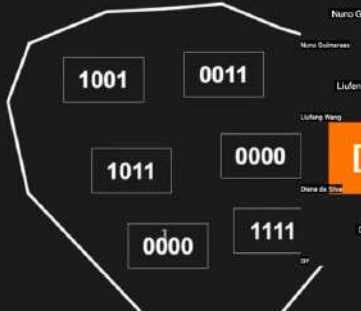
oliviergimenez.github.io

Suscrito

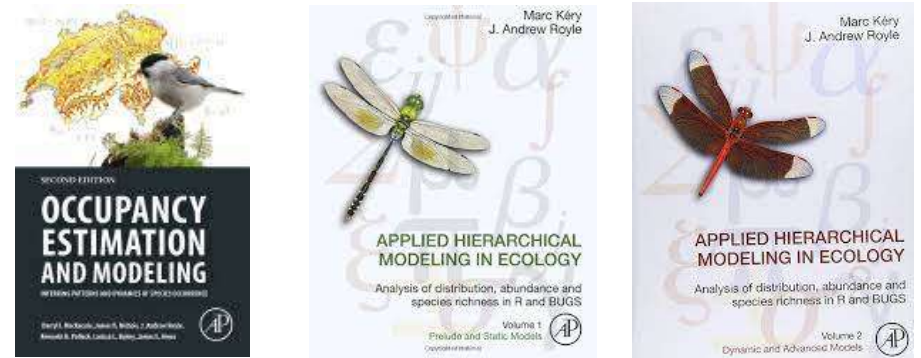
True or false absence?



reality



observation



CURSO

Modelado de la distribución, abundancia, demografía y dinámicas poblaciones de la fauna silvestre usando R, JAGS y NIMBLE

10-14 de junio de 2024

24 pax 375 €

Jose Jimenez@csic.es

Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC)

Sede de CIUDAD REAL (Ronda de Toledo s/n)



© José Jiménez





irec

https://www.youtube.com/watch?v=rpjVrFI_dr8

XVI Congreso Internacional SECEM

**6-9 diciembre 2023
Granollers**



**MODELOS JERARQUICOS
INTEGRADOS MULTIESPECIE
BAYESIANOS CON EFECTOS
ALEATORIOS ESPACIALES
Y AUTOCORRELACIÓN TEMPORAL**



GLM



GLM

